

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-298047  
(43)Date of publication of application : 24.10.2000

(51)Int.CI. G01F 1/66  
H04R 1/44  
H04R 3/00  
H04R 17/00

(21)Application number : 11-106247 (71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 14.04.1999 (72)Inventor : ADACHI AKIHISA

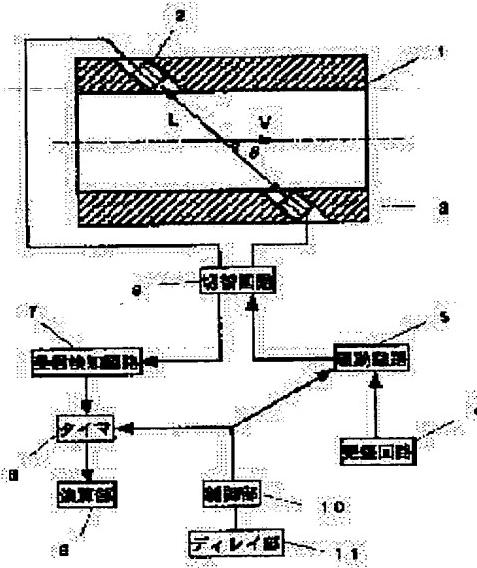
OCHI KENZO  
HASHIMOTO MASAHIKO  
SATO TOSHIHARU

## (54) ULTRASONIC FLOW METER

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the stability of zero point due to temperature change by measuring for disturbing the periodicity of the flowrate measurement.

SOLUTION: A control part 10 is provided with a delay part 11 capable of setting different delay time. The change of propagation time of ultrasonic pulse is done by changing the delay time at every measurement. By this, the time periodicity for measuring flowrate is disturbed and so the effect caused by the measurement periodicity can be reduced, and the stability of zero point due to temperature change can be improved.



**Best Available Copy**

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2000-298047  
(P2000-298047A)

(43)公開日 平成12年10月24日 (2000.10.24)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード*(参考)
G 0 1 F 1/66	1 0 1	G 0 1 F 1/66	1 0 1 2 F 0 3 5
	1 0 2		1 0 2 5 D 0 1 9
H 0 4 R 1/44	3 3 0	H 0 4 R 1/44	3 3 0 D
3/00	3 3 0	3/00	3 3 0
17/00	3 3 0	17/00	3 3 0 Y

審査請求 未請求 請求項の数11 O.L (全 16 頁)

(21)出願番号 特願平11-106247  
(22)出願日 平成11年4月14日 (1999.4.14)

(71)出願人 000005821  
松下電器産業株式会社  
大阪府門真市大字門真1006番地  
(72)発明者 足立 明久  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内  
(72)発明者 黄地 謙三  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内  
(74)代理人 100097445  
弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

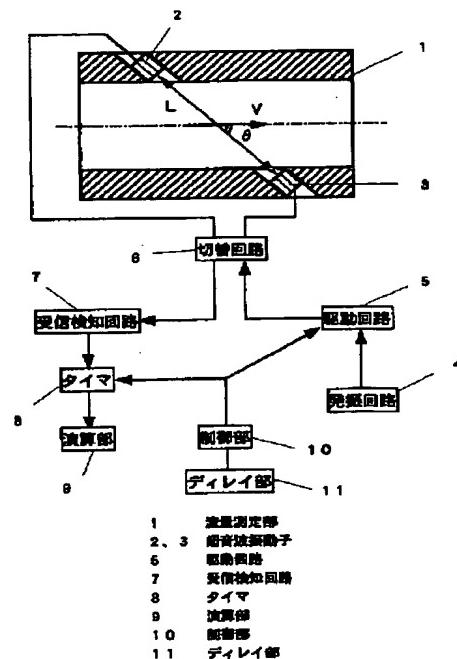
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 超音波流量計

(57)【要約】

【課題】 流量測定の周期性を乱すように計測することにより、温度変化によるゼロ点の安定性を向上する。

【解決手段】 制御部10は異なる遅延時間が設定可能なディレイ部11を備えている。又、超音波パルスの伝搬時間の変更は測定することにディレイ時間を変更することによって行う。これによって流量測定する時間的周期性が乱されるので測定の周期性に起因して生じる影響を低減でき、温度変化によるゼロ点の安定性を向上させることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】被測定流体が流れる流量測定部と、この流量測定部に設けられ超音波を送受信する一対の超音波振動子と、一方の前記超音波振動子を駆動する駆動回路と、他方の前記超音波振動子に接続され超音波パルスを検知する受信検知回路と、前記超音波パルスの伝搬時間を測定するタイマと、前記駆動回路と前記タイマを制御する制御部と、前記タイマの出力より流量を演算によって求める演算部を備え、前記制御部は流量計測における周期性を乱すよう制御する超音波流量計。

【請求項2】異なる遅延時間が設定可能なディレイ部を備え、前記制御部は計測毎に遅延時間を切替て駆動回路の出力タイミングを変更する請求項1記載の超音波流量計。

【請求項3】駆動回路は同じ周波数で複数の位相を持った出力信号をが出力し、制御部は計測毎に出力信号の位相を変更する請求項1記載の超音波流量計。

【請求項4】駆動回路は複数の周波数の出力信号を出し、制御部は計測毎に出力信号の周波数を変更する請求項1記載の超音波流量計。

【請求項5】駆動回路は超音波振動子の使用周波数である第1周波数と前記第1周波数とは異なる第2周波数の信号を重ね合わせて出力し、制御部は計測毎に第2周波数を変更した出力信号を前記駆動回路を介して出力する請求項1記載の超音波流量計。

【請求項6】第2周波数の位相を変更する請求項5記載の超音波流量計。

【請求項7】第2周波数の周波数を変更する請求項5記載の超音波流量計。

【請求項8】第2周波数がある場合と無い場合を切り替えるようにした請求項5記載の超音波流量計。

【請求項9】駆動回路は超音波振動子の使用周波数である第1周波数と前記第1周波数とは異なる第2周波数を第1周波数の前に出力し、前記制御部は計測毎に第2周波数がある場合と無い場合を切り替えるようにした請求項1記載の超音波流量計。

【請求項10】被測定流体が流れる流量測定部と、この流量測定部に設けられ超音波を送受信する一対の超音波振動子と、一方の前記超音波振動子を駆動する駆動回路と、他方の前記超音波振動子に接続され超音波パルスを検知する受信検知回路と、前記超音波パルスの伝搬時間を測定するタイマと、前記駆動回路と前記タイマを制御する制御部と、前記タイマの出力より流量を演算によって求める演算部とを備え、流れが無い状態の測定結果への温度変化による影響が低減されるように、前記制御部は前記超音波振動子から送信される超音波パルスの残響時間が短くなるよう前記駆動回路の出力信号を制御する超音波流量計。

【請求項11】駆動回路の駆動周波数は超音波振動子の使用周波数である第1周波数と前記第1周波数とは異なる

る第2周波数からなる請求項10記載の超音波流量計。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、超音波により気体や液体の流量や流速の計測を行う超音波流量計に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来この種の超音波流量計には、例えば特開平9-133561号公報が知られており、標準状態の非測定流体の温度( $T_0$ )と使用状態の非測定流体の温度情報( $T_{sv}$ )から $T_0/T_{sv}$ を補正係数として流量の測定精度を高めていた。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上記従来の超音波流量計では、流れが無い状態の測定結果(以降ゼロ点とする)が温度変化によって0以外の値となった場合、動作補償温度範囲全体を補正係数だけで0にすることは困難で、温度変化によるゼロ点の安定性が得られないという課題を有していた。

【0004】本発明は上記課題を解決するもので、流量測定の周期性を乱すことにより温度変化によるゼロ点の安定性を向上させることを目的とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は上記課題を解決するために、制御部は異なる遅延時間が設定可能なディレイ部を備えたものである。

【0006】上記発明によれば、超音波パルスの伝搬時間の変更は測定することに遅延時間を変更すれば可能となり、流量測定する時間的周期性が乱される。このため測定の周期性に起因して生じる影響を低減でき、温度変化によるゼロ点の安定性を向上させることができる。

## 【0007】

【発明の実施の形態】本発明の第1の形態の超音波流量計は、被測定流体が流れる流量測定部と、この流量測定部に設けられ超音波を送受信する一対の超音波振動子と、一方の超音波振動子を駆動する駆動回路と、他方の前記超音波振動子に接続され超音波パルスを検知する受信検知回路と、超音波パルスの伝搬時間を測定するタイマと、駆動回路とタイマを制御する制御部と、タイマの出力より流量を演算によって求める演算部を備え、流れが無い状態の測定結果への温度変化による影響が低減されるように、制御部では流量計測における周期性を乱すよう制御するため温度変化によるゼロ点の安定性を向上させることができる。

【0008】本発明の第2の形態の超音波流量計は、第1の形態の超音波流量計において、制御部は異なる遅延時間が設定可能なディレイ部を備え、制御部では計測毎に遅延時間を切替て駆動回路の出力タイミングを変更するため、流量計測における周期性が乱され温度変化によるゼロ点の安定性を向上させることができる。

【0009】本発明の第3の形態の超音波流量計は、第1の形態の超音波流量計において、駆動回路は同じ周波数で複数の位相を持った出力信号が出来可能で、制御部では計測毎に出力信号の位相を変更するため、流量計測における周期性が乱され温度変化によるゼロ点の安定性を向上させることができる。

【0010】本発明の第4の形態の超音波流量計は、第1の形態の超音波流量計において、駆動回路は複数の周波数の出力信号を有し、制御部では計測毎に出力信号の周波数を変更するため、流量計測における周期性が乱され温度変化によるゼロ点の安定性を向上させることができる。

【0011】本発明の第5の形態の超音波流量計は、第1の形態の超音波流量計において、駆動回路は超音波振動子の使用周波数である第1周波数と第1周波数とは異なる第2周波数の信号を重ね合わせて出力可能で、制御部では計測毎に第2周波数の発信信号を変更した出力信号を駆動回路から出力させるため、流量計測における周期性が乱され温度変化によるゼロ点の安定性を向上させることができる。

【0012】本発明の第6の形態の超音波流量計は、第5の形態の超音波流量計において、第2周波数の位相を変更するため、流量計測における周期性が乱され温度変化によるゼロ点の安定性を向上させることができる。

【0013】本発明の第7の形態の超音波流量計は、第5の形態の超音波流量計において、第2周波数の周波数を変更するため、流量計測における周期性が乱され温度変化によるゼロ点の安定性を向上させることができる。

【0014】本発明の第8の形態の超音波流量計は、第5の形態の超音波流量計において、第2周波数がある場合と無い場合を切り替えるため、流量計測における周期性が乱され温度変化によるゼロ点の安定性を向上させることができる。

【0015】本発明の第9の形態の超音波流量計は、第1の形態の超音波流量計において、駆動回路は超音波振動子の使用周波数である第1周波数と第1周波数とは異なる第2周波数を連続して出力可能で第1周波数の前に第2周波数を出力し、制御部では計測毎に第2周波数がある場合と無い場合を切り替えるため、流量計測における周期性が乱され温度変化によるゼロ点の安定性を向上させることができる。

【0016】本発明の第10の形態の超音波流量計は、被測定流体が流れる流量測定部と、この流量測定部に設けられ超音波を送受信する一対の超音波振動子と、一方の超音波振動子を駆動する駆動回路と、他方の超音波振動子に接続され超音波パルスを検知する受信検知回路と、超音波パルスの伝搬時間を測定するタイマと、駆動回路とタイマを制御する制御部と、タイマの出力より流量を演算によって求める演算部を備え、流れが無い状態の測定結果への温度変化による影響が低減されるよう

に、制御部は超音波振動子から送信される超音波パルスの残響時間が短くなるよう駆動回路の出力信号を制御するため残響時間が短くなり、温度変化によるゼロ点の安定性を向上させることができる。

【0017】本発明の第11の形態の超音波流量計は、第10の形態の超音波流量計において、駆動回路の駆動周波数は前記超音波振動子の使用周波数である第1周波数と第1周波数とは異なる第2周波数からなるため、残響時間が短くなるよう制御でき温度変化によるゼロ点の安定性を向上させることができる。

【0018】

【実施例】以下、本発明の実施例について図面を用いて説明する。なお図面中で同一符号を付しているものは同一なものであり、詳細な説明は省略する。

【0019】(実施例1) 図1は本発明の実施例1の超音波流量計を示すブロック図である。図1において、1は被測定流体が流れる流量測定部、2、3は流量測定部1の流れの方向に対し斜めに対向して配置された超音波振動子、4は超音波振動子2、3の使用周波数を発信する発振回路、5は発振回路4に接続され超音波振動子2、3を駆動する駆動回路、6は送受信する超音波振動子を切り替える切替回路、7は超音波パルスを検知する受信検知回路、8は超音波パルスの伝搬時間(トランジットタイム)を計測するタイマ、9はタイマ8の出力より流量を演算する演算部、10は駆動回路5とタイマ8に制御信号を出力する制御部、11は制御部10に接続するディレイ部である。

【0020】まず動作、作用について説明する。例えば非測定流体を空気、超音波振動子2、3の使用周波数には約500kHzを選択する。発振回路4は例えばコンデンサと抵抗で構成され約500kHzの方形波を発信し、駆動回路7では発振回路4の信号から超音波振動子2を駆動するため方形波が3波のバースト信号からなる駆動信号を出力可能とする。また測定手段には測定流量の分解能を向上するため、例えばシングアラウンド法を用いる。

【0021】制御部10では駆動回路5に送信開始信号を出力すると同時に、タイマ8の時間計測を開始させる。駆動回路5は送信開始信号を受けると超音波振動子2を駆動し、超音波パルスを送信する。送信された超音波パルスは流量測定1内を伝搬し超音波振動子3で受信される。受信された超音波パルスは超音波振動子3で電気信号に変換され、受信検知回路7に出力される。受信検知回路7では受信信号の受信タイミングを決定し、制御部10に受信検知信号を出力する。制御部10では受信検知信号を受けると、ディレイ部11にあらかじめ設定した遅延時間 経過後に再び駆動回路5に送信開始信号を出力し、2回目の計測を行う。この動作をN回繰返した後、タイマ8を停止させる。演算部9ではタイマ8で測定した時間を測定回数のNで割り、遅延時間  | |

を引いて伝搬時間  $t_1$  を演算する。

【0022】引き続き切替回路6で駆動回路5と受信回路7に接続する超音波振動子を切り替え、再び制御部10では駆動回路5に送信開始信号を出力すると同時に、タイマ8の時間計測を開始させる。伝搬時間  $t_1$  の測定と逆に、超音波振動子3で超音波パルスを送信し、超音波振動子2で受信する計測をN回繰り返し、演算部9で伝搬時間  $t_2$  を演算する。

【0023】ここで、超音波振動子2と超音波振動子3の中心を結ぶ距離をL、空気の無風状態での音速をC、流量測定部1内での流速をV、非測定流体の流れの方向と超音波振動子2と超音波振動子3の中心を結ぶ線との角度をθとすると、伝搬時間  $t_1$ 、 $t_2$  は、

$$t_1 = L / (C + V \cos \theta) \quad (1)$$

$$t_2 = L / (C - V \cos \theta) \quad (2)$$

で示される。(1)(2)式より音速Cを消去して、流速Vを求める

$$V = L / 2 \cos \theta (1/t_1 - 1/t_2) \quad (3)$$

が得られる。L、θは既知であるので  $t_1$  と  $t_2$  を測定すれば流速Vが求められる。この流速Vと流量測定部1の面積をS、補正係数をKとすれば、流量Qは

$$Q = K S V \quad (4)$$

で演算できる。

【0024】この超音波流量計に用いる超音波振動子の一例を図2に示す。超音波振動子12は電極面は1辺が約8mmの正方形で、厚み約2.7mmの直方体の圧電体13と整合層14を厚みが0.2μmのSUS製の有天筒状の\*

$$P_t = L / (331 + 0.6 \cdot T)$$

で示される。また超音波振動子2で送信し超音波振動子3で受信する場合

$$R1 = \sin(2\pi \cdot f_1 \cdot (t - P_t)) + A \sin(2\pi \cdot f_2 \cdot t) \quad (6)$$

超音波振動子3で送信し超音波振動子2で受信する場合

$$R2 = \sin(2\pi \cdot (f_1 + d f_1) \cdot (t - P_t)) + A \sin(2\pi \cdot f_2 \cdot t) \quad (7)$$

で示される。(6)、(7)式より温度Tを変えたときのR1、R2が5回目にゼロと交差する時間  $t_1$ 、 $t_2$  を求め、(3)式を用いて流量を算出する。例えば  $f_1$  を500kHz、 $f_2$  を200kHz、Aを-60dBとして、 $d f_1$  が0kHz、1kHz、-1kHzでの計算結果を図4～6に示す。図4のように  $d f_1 = 0$  の場合は、温度によるゼロ点の変動は見られない。一方  $d f_1$  が1kHz、-1kHzである図5と図6では、温度によりゼロ点が傾きを有する直線となっている。また  $d f_1$  の値によって、傾きが変化することがわかる。以上の計算結果から、超音波振動子の使用周波数のずれが温度によるゼロ点の傾きを生じる原因の一つとなっていることが推定できる。

【0027】ところで一対の超音波振動子の周波数特性を完全に一致させることは困難であることから、周波数特性が完全に一致していない場合でも温度によるゼロ点の傾きを生じさせない方法が必要となる。そこで流量計測における周期性を乱すという計測方法を検討した。一般的

\* ケース15に接着固定し、裏ふた16でケース15を封止する。ただし圧電体13には使用振動モードである縦振動するようにスリット17を設ける。この超音波振動子12のインピーダンス特性を図3に示す。図3の右側に見られる2つの山が使用振動モードの特性を示していて、左側の山が使用する振動モードとは異なる振動モード(以後、不要振動モードとする)の特性を示している。

【0025】次に流れがない状態での流量計測における、一対の超音波振動子の周波数特性の影響を考える。整合層14を設けた超音波振動子12の使用振動モード付近の周波数特性を完全に一致させることは困難であるから、超音波振動子2で送信し超音波振動子3で受信する超音波パルスの周波数と超音波振動子3で送信し超音波振動子2で受信する超音波パルスの周波数にずれがあると仮定し、温度によるゼロ点の変動を計算する。超音波振動子2で送信し超音波振動子3で受信する超音波パルスの周波数を  $f_1$ 、超音波振動子3で送信し超音波振動子2で受信する超音波パルスの周波数を  $f_1 + d f_1$  とし、計算を簡易にするため  $f_1$ 、 $f_1 + d f_1$  は連続する正弦波とする。また不要振動モードの周波数は  $f_2$  で、1対の超音波振動子で  $f_2$  は同じ周波数であると仮定し、計算を容易にするため  $f_2$  も連続する正弦波とする。さらに残響、多重反射の影響もないものと仮定する。

【0026】ここで空気の流れは無いので、温度をTとすると超音波振動子間を伝搬する時間  $P_t$  は、

$$(5)$$

※3で受信する場合は、

$$R1 = \sin(2\pi \cdot f_1 \cdot (t - P_t)) + A \sin(2\pi \cdot f_2 \cdot t) \quad (6)$$

★は、

$$R2 = \sin(2\pi \cdot (f_1 + d f_1) \cdot (t - P_t)) + A \sin(2\pi \cdot f_2 \cdot t) \quad (7)$$

にシングアラウンド法での計測は、クロックに同期しない非周期的な計測であると考えられている。しかし非測定流体が不変な場合に温度が一定であると、一定した時間間隔で測定は行われる。この結果、シングアラウンド法は温度ごとに一定の周期を持った周期的な計測となり、一対の超音波振動子の周波数のずれが強調されてしまうと推測した。

【0028】そこであらかじめディレイ部11には遅延時間  $t_{d1}$ 、 $t_{d2}$  として約153μsec、約154μsecの2種類を設定した。制御部10では受信検知回路7から受信検知信号を受け取ると、1回目は遅延時間  $t_{d1}$  経過した後駆動回路に送信開始信号を出力する。次に受信検知回路7から受信検知信号を受け取ると、2回目は遅延時間  $t_{d2}$  経過した後駆動回路に送信開始信号を出力する。このように遅延時間  $t_{d1}$  と  $t_{d2}$  を交互に用いて、N回測定した後演算部9で伝搬時間  $t_1$  を演算する。引き続き切替回路6で駆動回路5と受信回路7に

接続する超音波振動子を切り替え、同様に遅延時間  $t_d 1$  と  $t_d 2$  を交互に用いて伝搬時間  $t_2$  を測定する。このとき伝搬時間  $t_1$  と  $t_2$  を測定する時に用いる  $t_d 1$ 、 $t_d 2$  の順序と使用回数は同一とすることが望ましい。一般的に遅延回路や遅延素子は自己発熱や使用環境等の温度により遅延時間にバラツキを生じるが、 $t_d 1$ 、 $t_d 2$  の順序と使用回数を同一としておけば(3)式で流路Vを計算するときにその影響を消去することができ、ディレイ部11の温度特性がゼロ点の安定性に与える影響を低減できる。

【0029】遅延時間  $t_d 1$ 、 $t_d 2$  として、 $153\mu sec$ 、 $154\mu sec$ の2種類を用い、温度変化によるゼロ点の変動を測定した実験結果を図7に示す。また比較のために遅延時間  $t_d 1$  のみ用い、温度変化によるゼロ点の変動を測定した実験結果を図8に示す。なお実験に用いた超音波振動子2、3と流量測定部1は同一ものである。図7ではゼロ点は温度変化により右上りの傾きを有しているが、図8ではほぼ水平となっていることがわかる。上記の結果から、一対の超音波振動子の組合せで温度変化によるゼロ点の変動が生じる場合でも、ディレイ部11に遅延時間  $t_d$  を2種類用意し測定ごとに切り替えて用いれば温度変化によるゼロ点の安定性が向上できる。

【0030】なお実施例1ではディレイ部11には遅延時間  $t_d 1$ 、 $t_d 2$  として約 $153\mu sec$ 、約 $154\mu sec$ の2種類を設定するとしたが、遅延時間は2種類以上なら何種類でも構わないし、遅延時間は約 $153\mu sec$ 、約 $154\mu sec$ 以外の時間でも構わないということは言うまでもない。また、実施例1では超音波振動子は電極面は1辺が約8mmの正方形で、厚み約2.7mmの直方体の圧電体と整合層を厚みが0.2μmのSUS製の有天筒状のケースに接着固定するとしたが、上記構成以外の超音波振動子でも構わない。また不要振動モードの周波数を20.0kHzとしたが、この周波数よりも高い周波数でも、低い周波数でも構わない。

【0031】(実施例2)以下、本発明の実施例2について、図面を参照しながら説明する。図9は実施例2の超音波流量計を示すブロック図である。1は流量測定部、2、3は超音波振動子、4は発振回路、5は駆動部、6は切替回路、7は受信検知回路、8はタイマ、9は演算部、10は制御部、11はディレイ部で、以上は図1の構成と同様なものである。図1の構成と異なるのは、駆動回路5に位相変換部18を接続した点である。

【0032】まず動作、作用について説明する。実施例1と同様に、非測定流体は空気、超音波振動子2、3の使用周波数は約500kHzで、シングアラウンド法を用いて流量測定を行う。制御部10では駆動回路5に送信開始信号を出力すると同時に、タイマ8の時間計測を開始させる。駆動回路5は送信開始信号を受信すると超音波振動子2を駆動し、超音波パルスを送信する。このと

き駆動回路5では位相が0度のとき例えば図10のような駆動信号を送信する。送信された超音波パルスは流量測定1内を伝搬し超音波振動子3で受信される。受信された超音波パルスは超音波振動子3で電気信号に変換され、受信検知回路7に出力される。受信検知回路7では受信信号の受信タイミングを決定し、制御部10に受信検知信号を出力する。制御部10では受信検知信号を受けると、ディレイ部11にあらかじめ設定した遅延時間  $t_d$  経過後に再び駆動回路5に送信開始信号を出力する。

【0033】駆動回路5は送信開始信号を受信すると、位相変換部18から例えば位相を90度変化させる位相変換出力を得て、例えば図11のような駆動信号を送信する。図11の駆動信号の点線で示された部分は出力されない。図10と図11の駆動信号を交互に送信しながらN回測定した後、タイマ8を停止させる。演算部9ではタイマ8で測定した時間を測定回数のNで割り、遅延時間  $t_d$  を引いて伝搬時間  $t_1$  を演算する。引き続き切替回路6で駆動回路5と受信回路7に接続する超音波振動子を切り替え、図10と図11の駆動信号を交互に送信しながら伝搬時間  $t_1$  の測定と同様に伝搬時間  $t_2$  を測定する。これ以降の動作原理は実施例1と同様になるため省略する。

【0034】図10、11で駆動したとき受信される超音波パルスを図12に示す。図12の実線は図10の駆動信号で駆動した場合、波線は図11の駆動信号で駆動した場合である。受信した超音波パルスの5回目にゼロと交差する時間を伝搬時間  $t_1$  とすると、図10と図11では駆動開始の位相が異なるため  $t_s 2$  だけ時間差が生じる。このように駆動信号の位相を交互に切り替えて計測を行うと、計測間隔は1回毎変化することになり計測の周期性を打ち消すことが可能となる。その結果実施例1同様に、一対の超音波振動子の組合せで温度変化によるゼロ点の変動が生じる場合でも、位相変換部18で測定ごとに駆動信号の位相を変化させれば温度変化によるゼロ点の安定性が向上できる。

【0035】なお実施例2では駆動信号の位相を90度変化させるとしたが、上記条件に限定されるわけではなく、90度以外の位相でよく、例えば位相を180度とすると回路が簡略化できる。また駆動信号の位相を0度と90度の2種類を交互に変えるとしたが、2種類以上でも構わない。なお伝搬時間  $t_1$ 、 $t_2$  を測定するとき位相の種類、角度等の順序は同一としておけば、位相変換部18に温度特性があっても(3)式で流路Vを計算するときにゼロ点の安定性に与える影響を低減できる。

【0036】(実施例3)以下、本発明の実施例3について、図面を参照しながら説明する。図13は実施例3の超音波流量計を示すブロック図である。1は流量測定部、2、3は超音波振動子、5は駆動部、6は切替回路、7は受信検知回路、8はタイマ、9は演算部、10

は制御部、11はディレイ部で、以上は図1の構成と同様なものである。図1の構成と異なるのは、駆動回路5に第1発振回路19と第2発振回路20を接続した点である。

【0037】まず動作、作用について説明する。実施例1と同様に、非測定流体は空気、超音波振動子2、3の使用周波数は約500kHzで、シングアラウンド法を用いて流量測定を行う。制御部10では駆動回路5に送信開始信号を出力すると同時に、タイマ8の時間計測を開始させる。

【0038】駆動回路5は送信開始信号を受信すると、まず第1発振回路13の発信周波数で超音波振動子2を駆動し、超音波パルスを送信する。送信された超音波パルスは流量測定1内を伝搬し超音波振動子3で受信される。受信された超音波パルスは超音波振動子3で電気信号に変換され、受信検知回路7に出力される。受信検知回路7では受信信号の受信タイミングを決定し、制御部10に受信検知信号を出力する。制御部10では受信検知信号を受けると、ディレイ部11にあらかじめ設定した遅延時間t\_d経過後に再び駆動回路5に送信開始信号を出力する。駆動回路5は送信開始信号を受信すると、今度は第2発振回路20の発信周波数で超音波振動子2を駆動し、超音波パルスを送信する。第1発振回路19と第2発振回路20の発信周波数の駆動信号を交互に送信しながらN回計測した後、タイマ8を停止させる。演算部9ではタイマ8で測定した時間を測定回数のNで割り、遅延時間t\_dを引いて伝搬時間t\_1を演算する。引き続き切替回路6で駆動回路5と受信回路7に接続する超音波振動子を切り替え、第1発振回路19と第2発振回路20の発信周波数の駆動信号を交互に送信しながら伝搬時間t\_1の測定と同様に伝搬時間t\_2を測定する。これ以降の動作原理は実施例1と同様になるため省略する。

【0039】次に超音波振動子の駆動周波数に対する感度特性を図14に示す。超音波振動子は中心周波数(f\_c)を挟んで左右に感度が等しくなる周波数(f\_1, f\_2)がある。受信検知回路7で超音波パルスを検知するとき振幅は変動しないほうが計測が容易なので、第1発信回路19と第2発振回路20の周波数は感度が等しくなる周波数であるf\_1, f\_2とする。例えばf\_cが500kHzのとき、f\_1を480kHz, f\_2を520kHzとする。f\_1とf\_2で駆動された超音波パルスを図15に示す。実線がf\_1で駆動した超音波パルスで、波線がf\_2で駆動した超音波パルスである。超音波パルスの振幅は等しく、5回目にゼロと交差する時間は周波数が異なるためt\_s3だけ差が生じる。

【0040】このため計測する時間間隔はt\_s3だけ変化することになり、計測の周期性を打ち消すことが可能となる。その結果実施例1同様に、一対の超音波振動子の組合せで温度変化によるゼロ点の変動が生じる場合で

も、測定ごとに駆動信号の周波数を変更すれば温度変化によるゼロ点の安定性が向上できる。

【0041】なお実施例3では第1発振回路と第2発振回路を用いるとしたが、発振回路を一つとしその周波数を変更して用いても構わない。また駆動周波数をf\_1, f\_2の2種類としたが、3種類以上でも構わない。またf\_1を480kHz, f\_2を520kHzとしたが、この周波数は超音波振動子の周波数特性により変化する。また超音波パルスの感度が等しくなる2つの周波数を選択したが、感度が等しい周波数を選択しなくても測定は可能である。なお伝搬時間t\_1, t\_2を測定するとき駆動周波数の種類と順序を同一としておけば、発振回路に温度特性があつても(3)式で流路Vを計算するときにゼロ点の安定性に与える影響を低減できる。

【0042】(実施例4)以下、本発明の実施例4について、図面を参照しながら説明する。図16は実施例4の超音波流量計を示すブロック図である。1は流量測定部、2, 3は超音波振動子、5は駆動部、6は切替回路、7は受信検知回路、8はタイマ、9は演算部、10は制御部、11はディレイ部で、以上は図1の構成と同様なものである。図1の構成と異なるのは、第1発振回路19と位相変換部21を介した第2発振回路20を波形加算部22に接続し、この波形加算部22を駆動回路5に接続した点である。

【0043】まず動作、作用について説明する。実施例1と同様に、非測定流体は空気、超音波振動子2、3の使用周波数は約500kHzで、シングアラウンド法を用いて流量測定を行う。制御部10では駆動回路5に送信開始信号を出力すると同時に、タイマ8の時間計測を開始させる。駆動回路5は送信開始信号を受信すると、まず第1発振回路19の発信信号と第2発振回路20の発信信号を波形加算部22で加算した加算信号で超音波振動子2を駆動し、超音波パルスを送信する。

【0044】なお1回目の第2発振回路の発信信号の位相は0度とする。送信された超音波パルスは流量測定1内を伝搬し超音波振動子3で受信される。受信された超音波パルスは超音波振動子3で電気信号に変換され、受信検知回路7に出力される。受信検知回路7では受信信号の受信タイミングを決定し、制御部10に受信検知信号を出力する。制御部10では受信検知信号を受けると、ディレイ部11にあらかじめ設定した遅延時間t\_d経過後に再び駆動回路5に送信開始信号を出力する。

【0045】駆動回路5は送信開始信号を受信すると、今度は位相変換部21で第2発振回路20の位相を変換し、この位相変換した発信信号と第1発振回路の発信信号を波形加算部22で加算した加算信号で超音波振動子2を駆動し、超音波パルスを送信する。位相変換部21で第2発振回路20の発信信号の位相を交互に変えながらN回計測した後、タイマ8を停止させる。演算部9ではタイマ8で測定した時間を測定回数のNで割り、遅延

時間  $t_d$  を引いて伝搬時間  $t_1$  を演算する。引き続き切替回路6で駆動回路5と受信回路7に接続する超音波振動子を切り替え、位相変換部21で第2発振回路20の発信信号の位相を交互に変えながら伝搬時間  $t_1$  の測定と同様に伝搬時間  $t_2$  を測定する。これ以降の動作原理は実施例1と同様になるため省略する。

【0046】例えば第1発振回路19の発信周波数は約500kHz、第2発振回路の発信周波数は約200kHzとし、位相変換部21で変換する位相は180度とする。超音波振動子2、3は約500kHzで駆動すると振幅の大きい超音波パルスが受信でき、約200kHz成分だけで駆動しても超音波パルスはほとんど受信できない。しかし約200kHzの信号の位相を計測ごとに180度反転して加算した加算信号を基に駆動して受信される超音波パルスは、約200kHzの位相により周期が微妙に変化する。この結果実施例1同様に、一対の超音波振動子の組合せで温度変化によるゼロ点の変動が生じる場合でも、位相変換部18で測定ごとに第2発振回路20の位相を変化させれば温度変化によるゼロ点の安定性が向上できる。

【0047】なお実施例4では第2発振回路の発信周波数を200kHzとしたが、これより高い周波数でも低い周波数でも構わない。また駆動信号の位相を180度変化させるとしたが、上記条件に限定されるわけではなく、180度以外の位相でもよい。また駆動信号の位相を0度と180度の2種類を交互に変えるとしたが、2種類以上でも構わない。なお伝搬時間  $t_1$ 、 $t_2$  を測定するとき位相の種類、角度等の順序は同一としておけば、位相変換部21や波形換算部22等に温度特性があつても(3)式で流路Vを計算するときにゼロ点の安定性に与える影響を低減できる。

【0048】(実施例5)以下、本発明の実施例5について、図面を参照しながら説明する。図17は実施例5の超音波流量計を示すブロック図である。1は流量測定部、2、3は超音波振動子、5は駆動部、6は切替回路、7は受信検知回路、8はタイマ、9は演算部、10は制御部、11はディレイ部で、以上は図1の構成と同様なものである。図1の構成と異なるのは、第1発振回路19と周波数変換部23を介した第2発振回路20を波形加算部22に接続し、この波形加算部22を駆動回路5に接続した点である。

【0049】まず動作、作用について説明する。実施例1と同様に、非測定流体は空気、超音波振動子2、3の使用周波数は約500kHzで、シングアラウンド法を用いて流量測定を行う。制御部10では駆動回路5に送信開始信号を出力すると同時に、タイマ8の時間計測を開始させる。駆動回路5は送信開始信号を受信すると、まず第1発振回路19の発信信号と第2発振回路20の発信信号を波形加算部22で加算した加算信号で超音波振動子2を駆動し、超音波パルスを送信する。

【0050】なお1回目の第2発振回路の発信周波数を例えば200kHzとする。送信された超音波パルスは流量測定1内を伝搬し超音波振動子3で受信される。受信された超音波パルスは超音波振動子3で電気信号に変換され、受信検知回路7に出力される。受信検知回路7では受信信号の受信タイミングを決定し、制御部10に受信検知信号を出力する。制御部10では受信検知信号を受けると、ディレイ部11にあらかじめ設定した遅延時間  $t_d$  経過後に再び駆動回路5に送信開始信号を出力する。

【0051】駆動回路5は送信開始信号を受信すると、今度は第2発振回路20の発信周波数を周波数変換部23で約100kHzに変換し、この変換した発信信号と第1発振回路の発信信号を波形加算部22で加算した加算信号で超音波振動子2を駆動し、超音波パルスを送信する。周波数変換部23で第2発振回路20の発信周波数を約200kHzと約100kHzを交互に変えながらN回計測した後、タイマ8を停止させる。演算部9ではタイマ8で測定した時間を測定回数のNで割り、遅延時間  $t_d$  を引いて伝搬時間  $t_1$  を演算する。引き続き切替回路6で駆動回路5と受信回路7に接続する超音波振動子を切り替え、第2発振回路20の発信周波数を周波数変換部23で変えながら伝搬時間  $t_1$  の測定と同様に伝搬時間  $t_2$  を測定する。これ以降の動作原理は実施例1と同様になるため省略する。

【0052】超音波振動子2、3は約500kHzで駆動すると振幅の大きい超音波パルスが受信でき、約200kHzや約100kHzの周波数だけで駆動しても超音波パルスはほとんど受信できない。しかし約500kHzと約200kHzを加算した駆動信号と、約500kHzと約100kHzを加算した駆動信号で駆動して受信される超音波パルスの周期は微妙に変化する。この結果実施例1同様に、一対の超音波振動子の組合せで温度変化によるゼロ点の変動が生じる場合でも、周波数変換部23で測定ごとに第2発振回路20の周波数を変化させれば温度変化によるゼロ点の安定性が向上できる。

【0053】なお実施例5では第2発振回路の発信周波数を約200kHz、周波数変換部23で約100kHzに変換するとしたが、これより高い周波数でも低い周波数でも構わない。周波数変換部23から出力される周波数を2種類としたが、2種類以上でも構わない。なお伝搬時間  $t_1$ 、 $t_2$  を測定するとき周波数変換部23から出力される周波数の種類と順序は同一としておけば、波形加算部22や周波数変換部23等に温度特性があつても(3)式で流路Vを計算するときにゼロ点の安定性に与える影響を低減できる。

【0054】(実施例6)以下、本発明の実施例6について、図面を参照しながら説明する。図18は実施例6の超音波流量計を示すブロック図である。1は流量測定部、2、3は超音波振動子、5は駆動部、6は切替回

路、7は受信検知回路、8はタイマ、9は演算部、10は制御部、11はディレイ部で、以上は図1の構成と同様なものである。図1の構成と異なるのは、第1発振回路19とON/OFF回路24を介した第2発振回路20を波形加算部22に接続し、この波形加算部22を駆動回路5に接続した点である。

【0055】まず動作、作用について説明する。実施例1と同様に、非測定流体は空気、超音波振動子2、3の使用周波数は約500kHzで、シングアラウンド法を用いて流量測定を行う。制御部10では駆動回路5に送信開始信号を出力すると同時に、タイマ8の時間計測を開始させる。

【0056】駆動回路5は送信開始信号を受信すると、まずON/OFF回路24の出力をONにし、第1発振回路19の発信信号と第2発振回路20の発信信号を波形加算部22で加算した加算信号で超音波振動子2を駆動し、超音波パルスを送信する。送信された超音波パルスは流量測定1内を伝搬し超音波振動子3で受信される。受信された超音波パルスは超音波振動子3で電気信号に変換され、受信検知回路7に出力される。受信検知回路7では受信信号の受信タイミングを決定し、制御部10に受信検知信号を出力する。制御部10では受信検知信号を受けると、ディレイ部11にあらかじめ設定した遅延時間 d |経過後に再び駆動回路5に送信開始信号を出力する。駆動回路5は送信開始信号を受信すると、今度はON/OFF回路24の出力をOFFにし、第2発振回路20の発信信号を遮断し、第1発振回路の発信信号で超音波振動子2を駆動し、超音波パルスを送信する。ON/OFF回路24で第2発振回路20の発信信号をON/OFFしながらN回計測した後、タイマ8を停止させる。演算部9ではタイマ8で測定した時間を測定回数のNで割り、遅延時間 d |を引いて伝搬時間 t1 |を演算する。引き続き切替回路6で駆動回路5と受信回路7に接続する超音波振動子を切り替え、ON/OFF回路24で第2発振回路20の発信信号をON/OFFしながら伝搬時間 t1 |の測定と同様に伝搬時間 t2 |を測定する。これ以降の動作原理は実施例1と同様になるため省略する。

【0057】例えば第1発振回路19の発信周波数は約500kHz、第2発振回路の発信周波数は約200kHzとする。超音波振動子2、3は約500kHzで駆動すると振幅の大きい超音波パルスが受信でき、約200kHz成分だけで駆動しても超音波パルスはほとんど受信できない。しかし約500kHzの発信周波数に対し約200kHzの発信信号を加算したりしなかったりすることにより、受信される超音波パルスの周期が微妙に変化する。この結果実施例1同様に、一対の超音波振動子の組合せで温度変化によるゼロ点の変動が生じる場合でも、測定ごとにON/OFF回路24で第2発振回路20の発信信号をON/OFFすることにより温度変化によるゼロ点の安定性が向上できる。

【0058】なお実施例6では第2発振回路の発信周波数を200kHzとしたが、これより高い周波数でも低い周波数でも構わない。またON/OFF回路24の最初をONとしたが、OFFから開始しても構わない。なお伝搬時間 t1 |、 t2 |を測定するときON/OFF回路24の切替順序は同一としておけば、波形加算部22やON/OFF回路24等に温度特性があっても(3)式で流路Vを計算するときにゼロ点の安定性に与える影響を低減できる。

【0059】(実施例7)以下、本発明の実施例7について、図面を参照しながら説明する。図19は実施例7の超音波流量計を示すブロック図である。1は流量測定部、2、3は超音波振動子、5は駆動部、6は切替回路、7は受信検知回路、8はタイマ、9は演算部、10は制御部、11はディレイ部で、以上は図1の構成と同様なものである。図1の構成と異なるのは、第1発振回路19とON/OFF回路24を介した第2発振回路20を波形連結部25に接続し、この波形連結部25を駆動回路5に接続した点である。

【0060】まず動作、作用について説明する。実施例1と同様に、非測定流体は空気、超音波振動子2、3の使用周波数は約500kHzで、シングアラウンド法を用いて流量測定を行う。制御部10では駆動回路5に送信開始信号を出力すると同時に、タイマ8の時間計測を開始させる。駆動回路5は送信開始信号を受信すると、まずON/OFF回路24の出力をOFFにして第2発振回路の発信信号を遮断し、第1発振回路19の発信周波数からなる図20に示す駆動信号で超音波振動子2を駆動し超音波パルスを送信する。送信された超音波パルスは流量測定1内を伝搬し超音波振動子3で受信される。受信された超音波パルスは超音波振動子3で電気信号に変換され、受信検知回路7に出力される。受信検知回路7では受信信号の受信タイミングを決定し、制御部10に受信検知信号を出力する。制御部10では受信検知信号を受けると、ディレイ部11にあらかじめ設定した遅延時間 d |経過後に再び駆動回路5に送信開始信号を出力する。

【0061】駆動回路5は送信開始信号を受信すると、今度はON/OFF回路24の出力をONにし、波形連結部25では第1発振回路19と第2発振回路20の発信信号を連結し、図21に示す駆動信号で超音波振動子2を駆動し超音波パルスを送信する。ON/OFF回路24で第2発振回路20の発信信号をON/OFFしながらN回計測した後、タイマ8を停止させる。演算部9ではタイマ8で測定した時間を測定回数のNで割り、遅延時間 d |を引いて伝搬時間 t1 |を演算する。引き続き切替回路6で駆動回路5と受信回路7に接続する超音波振動子を切り替え、ON/OFF回路24で第2発振回路20の発信信号をON/OFFしながら伝搬時間 t1 |の測定と同様に伝搬時間 t2 |を測定する。これ以降の動作原理は実施例1と同様になるため省略する。

【0062】例えば第1発振回路19の第1周波数は約500kHz、第2発振回路20の第2周波数は約250kHzとする。ON/OFF回路24がONの時、波形連結部25では第2周波数の1/2周期後に第1周波数を3周期分が連続する連結信号を出力する。第2周波数では超音波振動子2、3は超音波パルスをほとんど送受信できないが、弱く振動する。この振動が温度特性に影響を与える可能性がある場合は、第1周波数の振幅に対し第2周波数の振幅を小さくする。例えば第2周波数の振幅を第1周波数の振幅に比べ-80dBとする。

【0063】また第2周波数の1/2周期は約1μsecに相当しディレイ部11の遅延時間t\_dを153μsecと設定すれば、図21の駆動信号はt\_dが155μsecに相当する。実施例1の遅延時間の設定よりは1μsec長いが、計測の周期性を乱すことができる。この結果実施例1同様に、一対の超音波振動子の組合せで温度変化によるゼロ点の変動が生じる場合でも、測定ごとにON/OFF回路24で第2発振回路20の発信信号をON/OFFすることにより温度変化によるゼロ点の安定性が向上できる。

【0064】なお実施例7では第2周波数を200kHzとしたが、これより高い周波数でも低い周波数でも構わない。また第2周波数の振幅を第1周波数の振幅に比べ-80dBとしたが、温度特性に影響がない振幅であれば大きくて小さくても構わない。また第2発振回路20にON/OFF回路24を接続したが、ON/OFF回路24は無くともよく、第2発振回路から2つ以上の周波数を出力し、この周波数を切り替えて構わない。またON/OFF回路24の最初をOFFとしたが、ONから開始しても構わない。なお伝搬時間t\_1、t\_2を測定するときON/OFF回路24の切替順序は同一としておけば、ON/OFF回路24や波形連結部25等に温度特性があっても(3)式で流路Vを計算するときにゼロ点の安定性に与える影響を低減できる。

【0065】(実施例8)以下、本発明の実施例8について、図面を参照しながら説明する。図22は実施例8の超音波流量計を示すブロック図である。1は流量測定部、2、3は超音波振動子、5は駆動部、6は切替回路、7は受信検知回路、8はタイマ、9は演算部、10は制御部、11はディレイ部で、以上は図1の構成と同様なものである。図1の構成と異なるのは、第1発振回路19と第2発振回路20を波形連結部25に接続し、この波形連結部25を駆動回路5に接続した点である。

【0066】まず動作、作用について説明する。実施例1と同様に、非測定流体は空気、超音波振動子2、3の使用周波数は約500kHzで、シングアラウンド法を用いて流量測定を行う。制御部10では駆動回路5に送信開始信号を出力すると同時に、タイマ8の時間計測を開始させる。駆動回路5は送信開始信号を受信すると、第1発振回路19の第1周波数と第2発振回路20の第2

周波数を波形連結部25で連結した図23に示す駆動信号で、超音波振動子2を駆動し超音波パルスを送信する。送信された超音波パルスは流量測定1内を伝搬し超音波振動子3で受信される。受信された超音波パルスは超音波振動子3で電気信号に変換され、受信検知回路7に出力される。受信検知回路7では受信信号の受信タイミングを決定し、制御部10に受信検知信号を出力する。

【0067】制御部10では受信検知信号を受けると、10ディレイ部11にあらかじめ設定した遅延時間t\_d経過後に再び駆動回路5に送信開始信号を出力する。駆動回路5は送信開始信号を受信すると、再び図21に示す駆動信号で超音波振動子2を駆動し超音波パルスを送信する。繰返しN回計測した後、タイマ8を停止させる。演算部9ではタイマ8で測定した時間を測定回数のNで割り、遅延時間t\_dを引いて伝搬時間t\_1を演算する。引き続き切替回路6で駆動回路5と受信回路7に接続する超音波振動子を切り替え、伝搬時間t\_1の測定と同様に伝搬時間t\_2を測定する。これ以降の動作原理は実施例20 1と同様になるため省略する。

【0068】実施例1から実施例7では温度によるゼロ点の傾きを生じさせない方法として、流量計測における周期性を乱すという計測方法を示した。これ以外の計測方法として、超音波パルスの残響時間を短くする方法を検討する。本実施例では超音波振動子3が超音波パルスを受信すると、遅延時間t\_d経過した後再び超音波振動子2から超音波パルスを送信している。しかし超音波振動子2、3の振動が完全に制止する時間に遅延時間t\_dを設定すると、遅延時間が長くなりすぎて遅延素子あるいは遅延回路の温度特性や流量測定部1内の空気の温度変化が測定結果に影響を与えることがある。このため遅延時間t\_dは超音波振動子2、3の振動が測定結果に影響を与えない程度に減衰する時間程度に遅延時間t\_dは設定することがある。この場合、超音波振動子2、3はN回の計測中に継続できな振動をしながら超音波パルスを送受信するため、この振動と超音波パルスが干渉するうえ周期的な計測をすることにより、一対の超音波振動子の周波数のずれが強調されてしまうと推測した。

【0069】例えば第1周波数を500kHz、第2周波数を50kHzとした。第1周波数のみで駆動された超音波パルスは図24に示すように、振幅がP5で最大となる。また第2周波数のみで駆動すると超音波パルスは受信されない。そこで第1周波数を3周期駆動した後、振幅が最大となるように第1周波数の周期で3周期分の非駆動時間を設け、最後に第2周波数を1/2周期だけ駆動する。なお図21の非駆動時間内の波線で示したパルスの振幅は0である。この駆動信号を用い、温度変化によるゼロ点の変動を測定した実験では図5と同様な結果が得られた。上記の結果から、一対の超音波振動子の組合せで温度変化によるゼロ点の変動が生じる場合でも、

第1周波数について第2周波数で駆動すれば温度変化によるゼロ点の安定性が向上できる。

【0070】なお実施例8では第2周波数を50kHzとしたが、同様な効果が得られるならば50kHzよりも高い周波数でも低い周波数でも構わない。また第1周波数と第2周波数の間に第1周波数の周期で3周期分の非駆動時間を設けたが、非駆動時間はこれ以上長くても短くても構わないし、必要がなければ設けなくてもよい。また第1周波数を3周期、第2周波数を1/2周期としたが、上記条件に限定されるわけではなく、この周期よりも長くとも短くとも構わないし、第1周波数より第2周波数の周期の方が長くてもよい。また第1周波数と第2周波数の振幅を同じにしたが、同じである必要はない。

【0071】また実施例1～8では流量計測にシングアラウンド法を用いるとしたが、上記条件に限定されるわけではなく、周期的な計測をN回行いその平均値を測定する方法を用いてもよい。また非測定流体を空気としたが、空気以外のLPガスや都市ガスのような気体でも、水やガソリンのような液体でも構わない。また一対の超音波振動子を流れに対して斜めに対向するように配置したが、流れに対して平行に配置しても構わないし、流量測定部の内壁面での反射を利用するような位置に配置しても構わない。また超音波振動子の使用周波数を約500kHzとしたが、上記条件に限定されるわけなく、使用周波数は気体であれば10kHz～1MHz、液体であれば100kHz～10MHz程度の範囲が一般的である。また5回目にゼロと交差する時間を伝搬時間t<sub>1</sub>、t<sub>2</sub>としたが、超音波パルスの受信が検知できる時間であれば、何回目のゼロと交差する時間でも構わないし、ゼロと交差する時間でなくてもよい。なお一対の超音波振動子の不要振動モードの周波数は一致していると仮定して考えているが、不要振動モードの周波数が一致していない場合、この不要振動モードの影響を低減すれば実施例1～8と同様の効果が得られる。

【0072】また実施例2～8ではディレイ部11は必ずしも必要はない。

### 【0073】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように本発明の超音波流量計によれば次の効果が得られる。

【0074】第1の超音波流量計は、被測定流体が流れる流量測定部と、この流量測定部に設けられ超音波を送受信する一対の超音波振動子と、一方の前記超音波振動子を駆動する駆動回路と、他方の前記超音波振動子を接続され超音波パルスを検知する受信検知回路と、超音波パルスの伝搬時間を測定するタイマと、駆動回路とタイマを制御する制御部と、タイマの出力より流量を演算によって求める演算部を備え、流れが無い状態の測定結果への温度変化による影響が低減されるように、制御部では流量計測における周期性を乱すよう制御するため温度変化によるゼロ点の安定性の高い超音波流量計を得ること

ができる。

【0075】第2の超音波流量計は、制御部は異なる遅延時間が設定可能なディレイ部を備え、制御部では計測毎に遅延時間を切替て駆動回路の出力タイミングを変更するため、流量計測における周期性が乱され温度変化によるゼロ点の安定性の高い超音波流量計を得ることができる。

【0076】第3の超音波流量計は、駆動回路は同じ周波数で複数の位相を持った出力信号が出力可能で、制御部では計測毎に出力信号の位相を変更するため、流量計測における周期性が乱され温度変化によるゼロ点の安定性の高い超音波流量計を得ることができる。

【0077】第4の超音波流量計は、駆動回路は複数の周波数の出力信号を有し、制御部では計測毎に出力信号の周波数を変更するため、流量計測における周期性が乱され温度変化によるゼロ点の安定性の高い超音波流量計を得ることができる。

【0078】第5の超音波流量計は、駆動回路は前記超音波振動子の使用周波数である第1周波数と第1周波数とは異なる第2周波数の信号を重ね合わせて出力可能で、制御部では計測毎に第2周波数の発信信号を変更した出力信号を駆動回路から出力させるため、流量計測における周期性が乱され温度変化によるゼロ点の安定性の高い超音波流量計を得ることができる。

【0079】第6の超音波流量計は、第2周波数の位相を変更するため、流量計測における周期性が乱され温度変化によるゼロ点の安定性の高い超音波流量計を得ることができる。

【0080】第7の超音波流量計は、第2周波数の周波数を変更するため、流量計測における周期性が乱され温度変化によるゼロ点の安定性の高い超音波流量計を得ることができる。

【0081】第8の超音波流量計は、第2周波数がある場合と無い場合を切り替えるため、流量計測における周期性が乱され温度変化によるゼロ点の安定性の高い超音波流量計を得ることができる。

【0082】第9の超音波流量計は、駆動回路は前記超音波振動子の使用周波数である第1周波数と前記第1周波数とは異なる第2周波数を連続して出力可能で第1周波数の前に第2周波数を出力し、制御部では計測毎に第2周波数がある場合と無い場合を切り替えるため、流量計測における周期性が乱され温度変化によるゼロ点の安定性の高い超音波流量計を得ることができる。

【0083】第10の超音波流量計は、被測定流体が流れる流量測定部と、この流量測定部に設けられ超音波を送受信する一対の超音波振動子と、一方の超音波振動子を駆動する駆動回路と、他方の前記超音波振動子に接続され超音波パルスを検知する受信検知回路と、超音波パルスの伝搬時間を測定するタイマと、駆動回路とタイマを制御する制御部と、タイマの出力より流量を演算により流量計測における周期性を乱すよう制御するため温度変化によるゼロ点の安定性の高い超音波流量計を得ること

って求める演算部を備え、流れが無い状態の測定結果への温度変化による影響が低減されるように、制御部は超音波振動子から送信される超音波パルスの残響時間が短くなるよう駆動回路の出力信号を制御するため残響時間が短くなり、温度変化によるゼロ点の安定性の高い超音波流量計を得ることができる。

【0084】第11の超音波流量計は、駆動回路の駆動周波数は超音波振動子の使用周波数である第1周波数と第1周波数とは異なる第2周波数からなるため、残響時間が短くなるよう制御でき温度変化によるゼロ点の安定性の高い超音波流量計を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1における超音波流量計を示すブロック図

【図2】同流量計における超音波振動子の断面図

【図3】同流量計における超音波振動子のインピーダンス特性図

【図4】同流量計において周波数  $d f_1$  が 0 kHz の場合について計算した特性図

【図5】同流量計において周波数  $d f_1$  が 1 kHz の場合について計算した特性図

【図6】同流量計において周波数  $d f_1$  が -1 kHz の場合について計算した特性図

【図7】同流量計において遅延時間  $t d_1$ 、 $t d_2$  を用いて測定した特性図

【図8】同流量計において遅延時間  $t d_1$  を用いて測定した特性図

【図9】本発明の実施例2における超音波流量計を示すブロック図

【図10】同超音波流量計の位相 0 度の場合の駆動信号を示す図

【図11】同超音波流量計の位相 90 度の場合の駆動信号を示す図

【図12】同超音波流量計の超音波パルス波形図

【図13】本発明の実施例3における超音波流量計を示す\*

\*すプロック図

【図14】同超音波振動子の周波数特性図

【図15】同超音波流量計の超音波パルス波形図

【図16】本発明の実施例4における超音波流量計を示すプロック図

【図17】本発明の実施例5における超音波流量計を示すプロック図

【図18】本発明の実施例6における超音波流量計を示すプロック図

10 【図19】本発明の実施例7における超音波流量計を示すプロック図

【図20】同超音波流量計のON/OFF回路がOFFの場合の駆動信号を示す図

【図21】同超音波流量計のON/OFF回路がONの場合の駆動信号を示す図

【図22】本発明の実施例8における超音波流量計を示すプロック図

【図23】同超音波流量計の駆動信号を示す図

【図24】同超音波流量計の超音波パルス波形図

20 【符号の説明】

1 流量測定部

2、3 超音波振動子

5 駆動回路

7 受信検知回路

8 タイマ

9 演算部

10 制御部

11 ディレイ部

18、21 位相変換部

19 第1発信回路

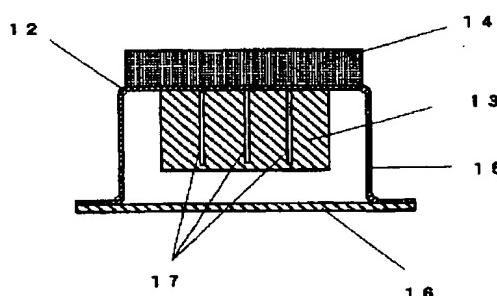
20 第2発振回路

23 周波数変換部

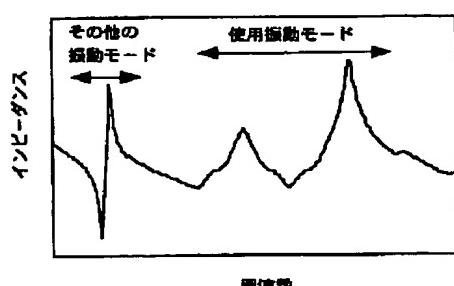
24 ON/OFF回路

25 波形連結部

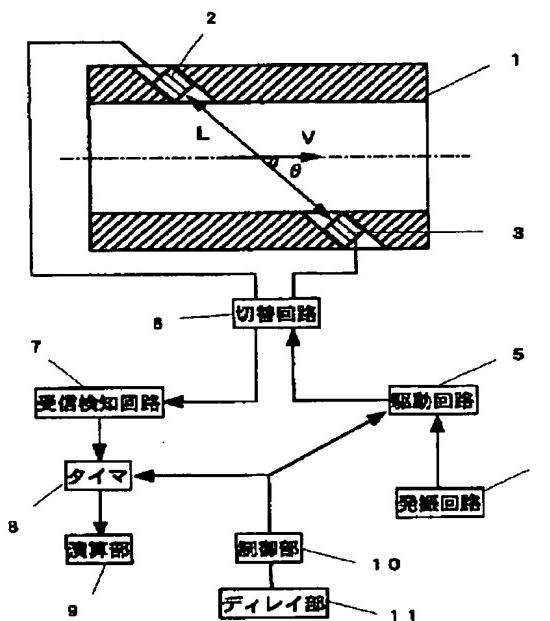
【図2】



【図3】

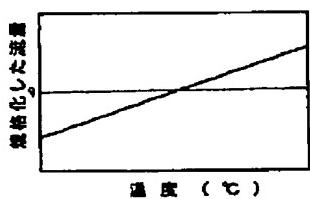


【図1】

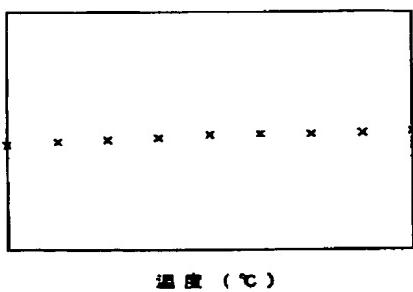


- 1 流量測定部  
2、3 超音波振動子  
5 駆動回路  
7 受信検知回路  
8 タイマ  
9 演算部  
10 制御部  
11 ディレイ部

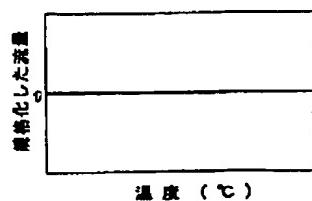
【図6】



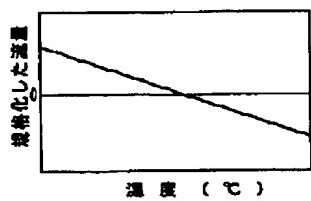
【図7】



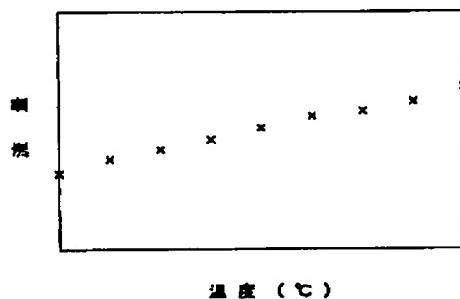
【図4】



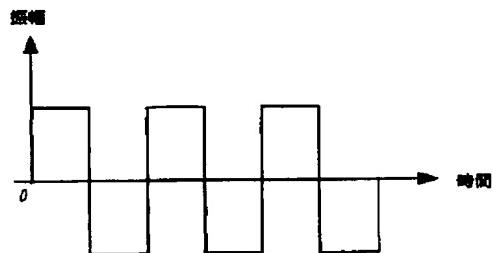
【図5】



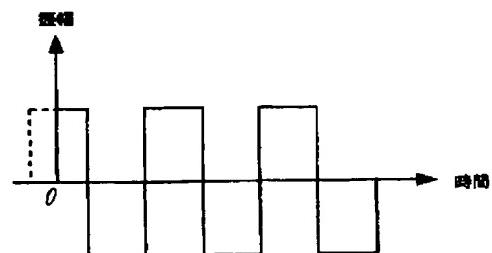
【図8】



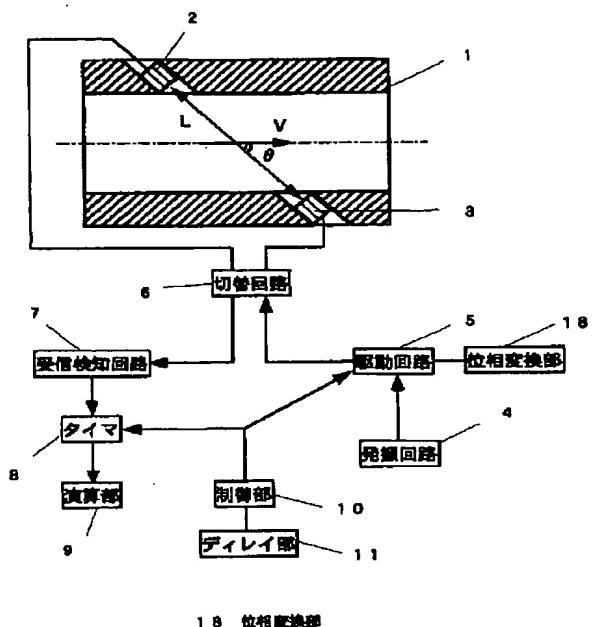
【図10】



【図11】

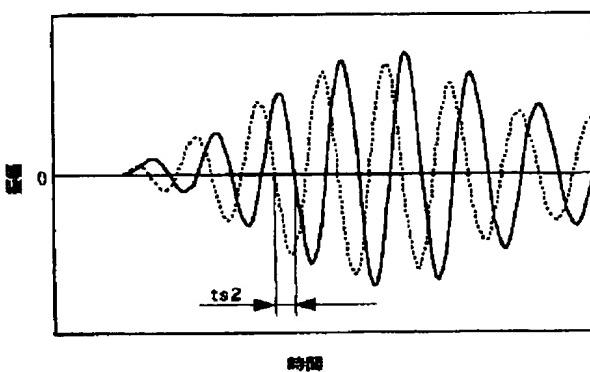


【図9】

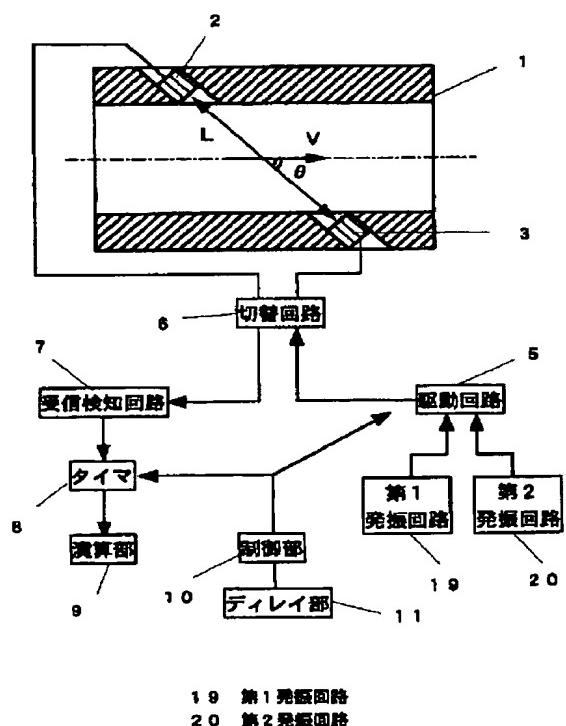


18 位相変換部

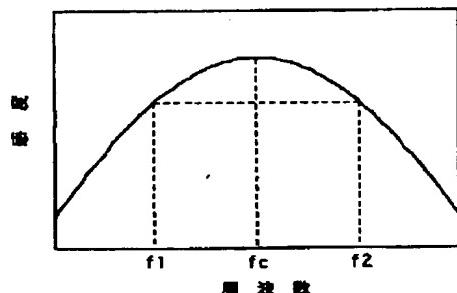
【図12】



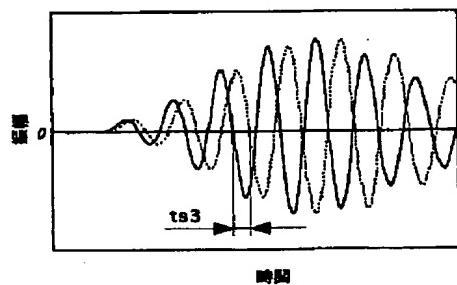
【図13】

19 第1発振回路  
20 第2発振回路

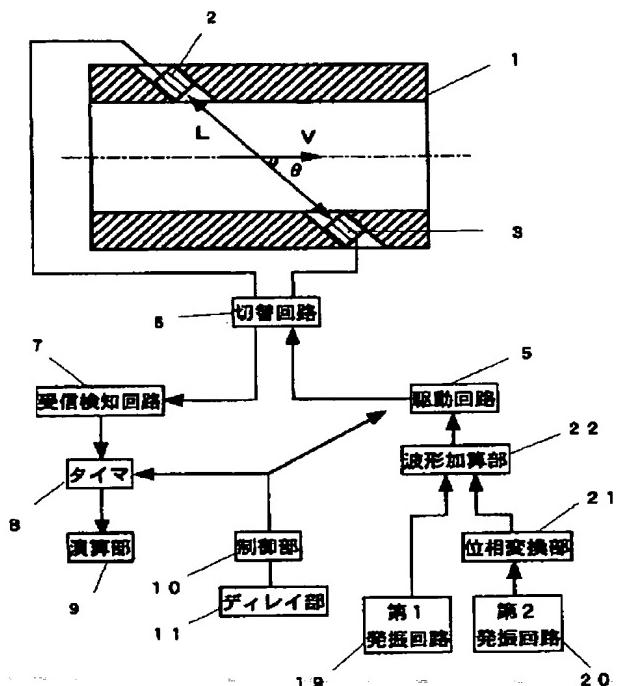
【図14】



【図15】

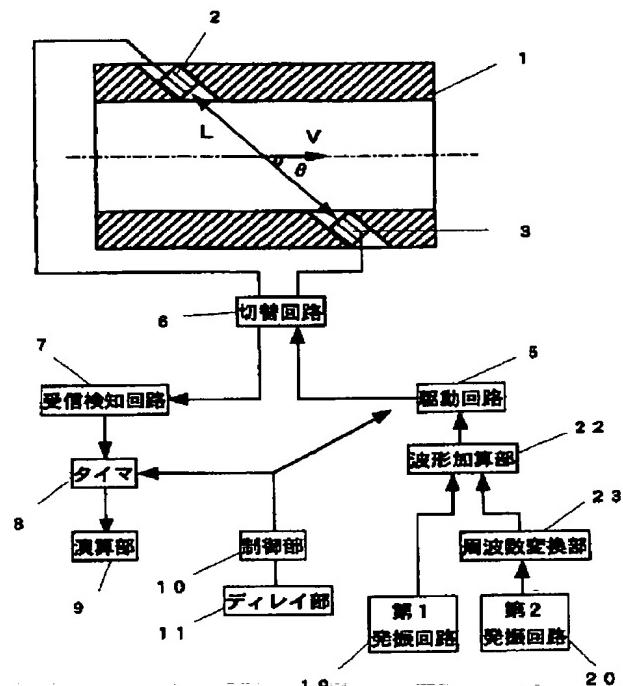


【図16】



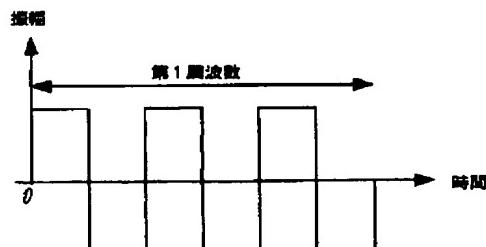
21 位相変換部

【図17】

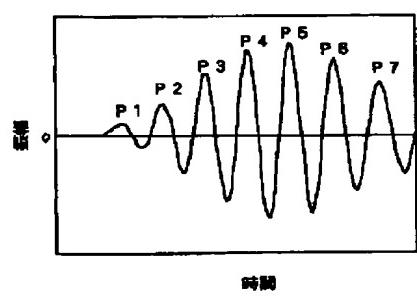
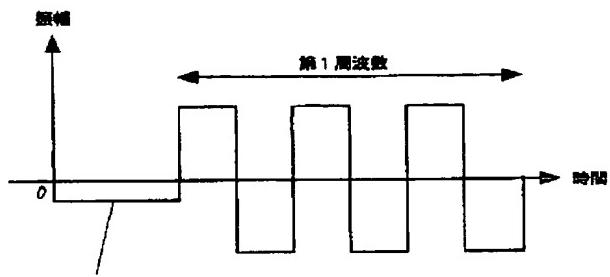


23 周波数変換部

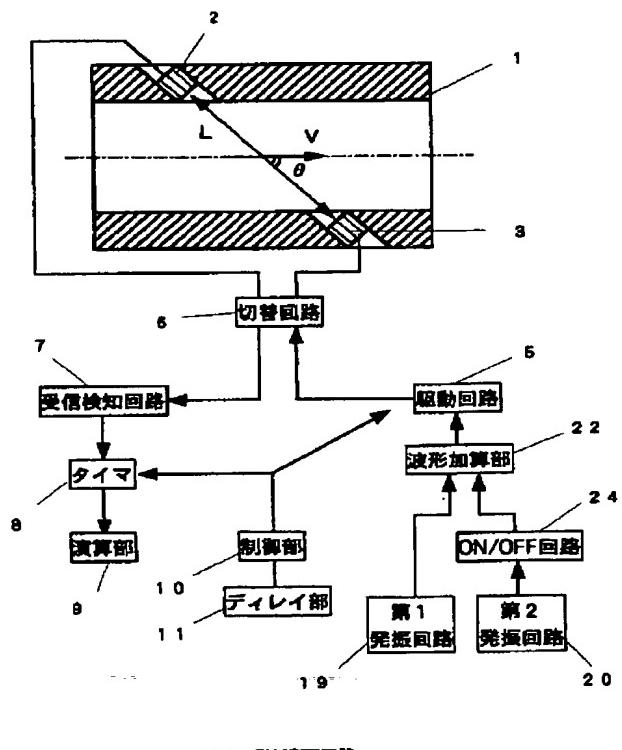
【図20】



【図24】

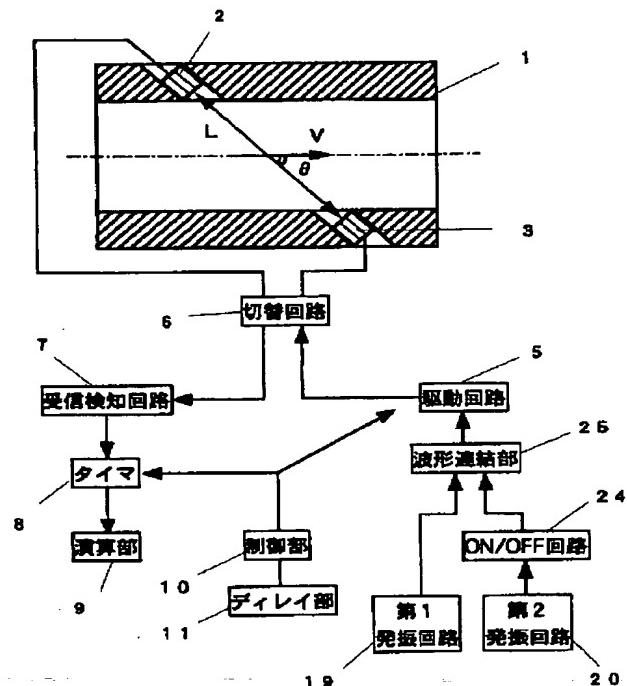


【図18】



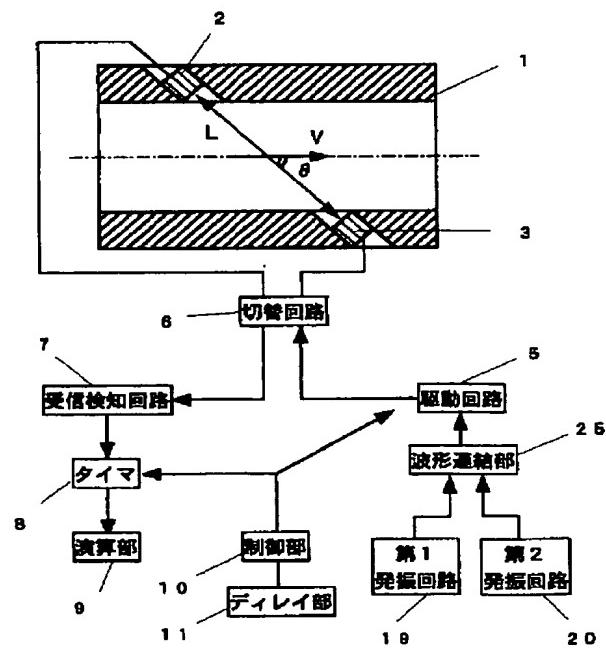
24 ON/OFF回路

【図19】

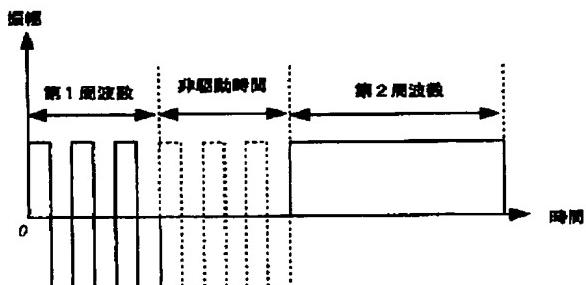


26 波形連結部

【図22】



【図23】



フロントページの続き

(72)発明者 橋本 雅彦  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 佐藤 利春  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

F ターム(参考) 2F035 DA05 DA14 DA16 DA19  
5D019 BB08 BB12 EE04 FF02 GG01

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第1区分

【発行日】平成15年3月28日(2003.3.28)

【公開番号】特開2000-298047(P2000-298047A)

【公開日】平成12年10月24日(2000.10.24)

【年通号数】公開特許公報12-2981

【出願番号】特願平11-106247

【国際特許分類第7版】

C01F	1/66	101
		102

H04R	1/44	330
	3/00	330
	17/00	330

【F I】

C01F	1/66	101
		102

H04R	1/44	330 D
	3/00	330
	17/00	330 Y

【手続補正書】

【提出日】平成14年12月25日(2002.12.25)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】被測定流体が流れる流量測定部と、この流量測定部に設けられ超音波を送受信する一対の超音波振動子と、一方の前記超音波振動子を駆動する駆動回路と、他方の前記超音波振動子に接続され超音波パルスを検知する受信検知回路と、前記1対の超音波振動子の送受信を切り替える切換回路と、前記超音波パルスの伝搬時間を測定するタイマと、前記タイマの出力より流量を演算によって求める演算部を備え、前記受信回路による超音波パルスを検知結果に基づいて所定の遅延時間を経過した後に発信駆動するように前記駆動回路の出力タイミングを制御する制御部と、異なる遅延時間を設定可能なディレイ部を備え、超音波の発振と受信とを異なる遅延時間を用いて複数回繰り返して超音波パルスの伝播時間を測定する第1の工程と、前記1対の超音波振動子の送受信を切り替えて超音波の発振と受信とを異なる遅延時間を用いて複数回繰り返して超音波パルスの伝播時間を測定する第2の工程と有するとともに、前記第1の工程と第2の工程との遅延時間の順序、使用回数の少なくとも一方を同一に設定する超音波流量計。

【請求項2】一方の超音波振動子から超音波を送信し、

他方の超音波振動子にて前記超音波を検知して所定の遅延時間を経過した後に前記一方の超音波振動子を発信するものであり、かつ前記超音波の発振と受信とを異なる遅延時間を用いて複数回繰り返して超音波の伝播時間を測定する第1の工程と前記1対の超音波振動子の送受信を切り替えて前記超音波の発振と受信とを異なる遅延時間を用いて複数回繰り返して超音波パルスの伝播時間を測定する第2の工程とを有する超音波流量計測方法であって、前記第1の工程と第2の工程との遅延時間の順序、使用回数の少なくとも一方を同一に設定する超音波流量計測方法。

【請求項3】被測定流体が流れる流量測定部と、この流量測定部に設けられ超音波を送受信する一対の超音波振動子と、一方の前記超音波振動子を駆動する駆動回路と、他方の前記超音波振動子に接続され超音波パルスを検知する受信検知回路と、前記超音波パルスの伝搬時間を測定するタイマと、前記駆動回路と前記タイマを制御する制御部と、前記タイマの出力より流量を演算によって求める演算部を備え、前記制御部は前記駆動回路から出力される出力信号の位相、周波数の少なくとも1つを変化させて流量計測における周期性を乱すよう制御する超音波流量計。

【請求項4】駆動回路は同じ周波数で複数の位相を持つた出力信号を出し、制御部は計測毎に出力信号の位相を変更する請求項3記載の超音波流量計。

【請求項5】駆動回路は複数の周波数の出力信号を有し、制御部は計測毎に出力信号の周波数を変更する請求項3記載の超音波流量計。

【請求項6】駆動回路は超音波振動子の使用周波数である第1周波数と前記第1周波数とは異なる第2周波数の信号を重ね合わせて出力し、制御部は計測毎に第2周波数を変更した出力信号を、前記駆動回路を介して出力する請求項3記載の超音波流量計。

【請求項7】第2周波数の位相を変更する請求項6記載の超音波流量計。

【請求項8】第2周波数の周波数を変更する請求項6記載の超音波流量計。

【請求項9】第2周波数がある場合と無い場合を切り替えるようにした請求項6記載の超音波流量計。

【請求項10】駆動回路は超音波振動子の使用周波数である第1周波数と前記第1周波数とは異なる第2周波数を第1周波数の前に出力し、前記制御部は計測毎に第2周波数がある場合と無い場合を切り替えるようにした請求項3記載の超音波流量計。

【請求項11】被測定流体が流れる流量測定部と、この流量測定部に設けられ超音波を送受信する一対の超音波振動子と、一方の前記超音波振動子を駆動する駆動回路と、他方の前記超音波振動子に接続され超音波パルスを検知する受信検知回路と、前記超音波パルスの伝搬時間を測定するタイマと、前記駆動回路と前記タイマを制御

する制御部と、前記タイマの出力より流量を演算によって求める演算部とを備え、流れが無い状態の測定結果への温度変化による影響が低減されるように、前記制御部は前記超音波振動子から送信される超音波パルスの残響時間が短くなるよう前記駆動回路の出力信号を制御する超音波流量計。

【請求項12】駆動回路の駆動周波数は超音波振動子の使用周波数である第1周波数と前記第1周波数とは異なる第2周波数からなる請求項11記載の超音波流量計。

【請求項13】被測定流体が流れる流量測定部と、この流量測定部に設けられ超音波を送受信する一対の超音波振動子と、一方の前記超音波振動子を駆動する駆動回路と、他方の前記超音波振動子に接続され超音波パルスを検知する受信検知回路と、前記超音波パルスの伝搬時間を測定するタイマと、前記駆動回路と前記タイマを制御する制御部と、前記タイマの出力より流量を演算によって求める演算部を備えた超音波流量計における流量計測方法であって、前記駆動回路から出力される出力信号の位相、周波数の少なくとも1つを変化させて流量計測における周期性を乱すようして流量計測を行う流量計測方法。

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**